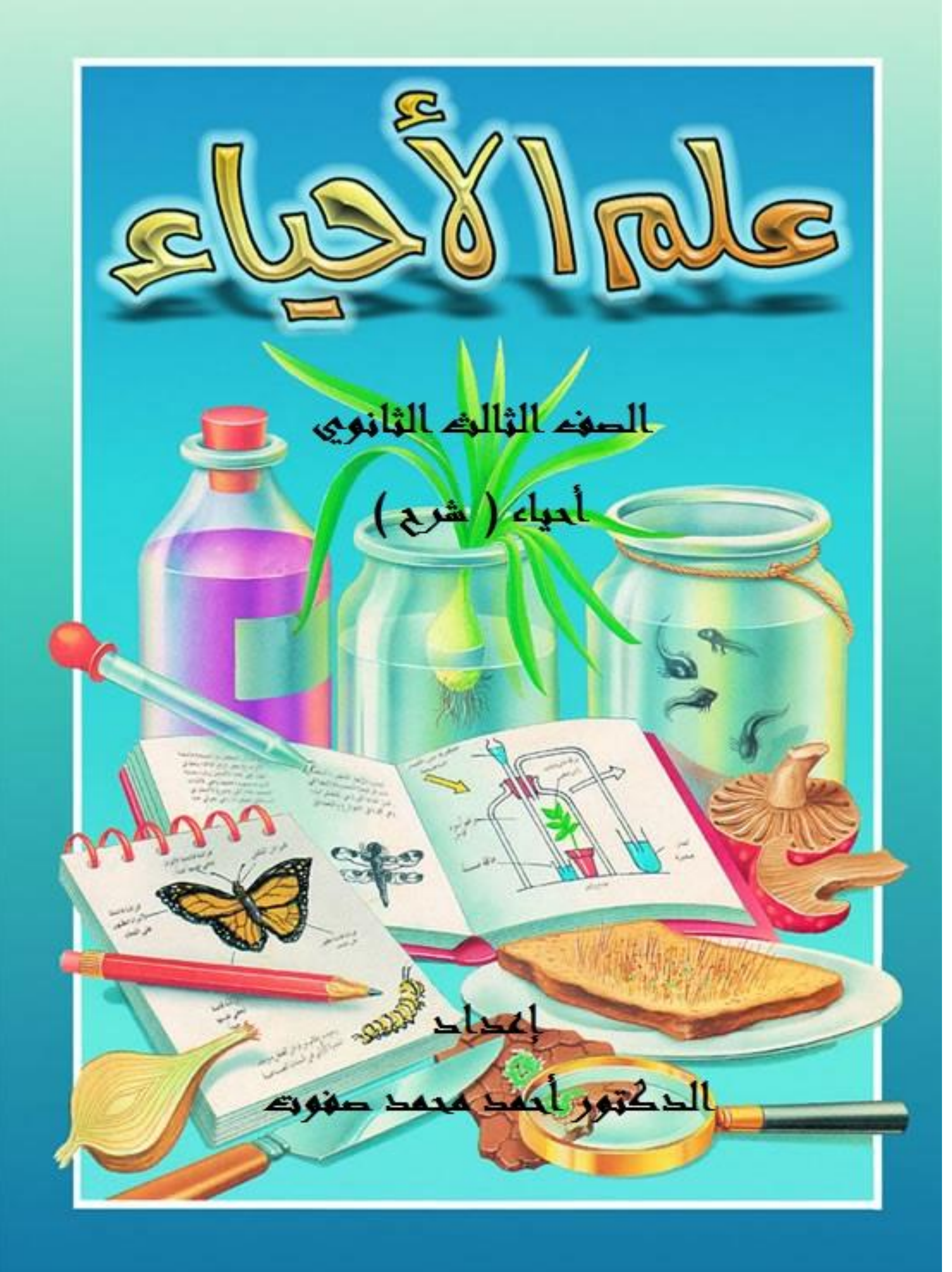

علم الأحياء
الصف الثالث الثانوي
أحياء (شرح)
إعداد
الدكتور أحمد محمد صفوت

أحياء

الصف الثالث الثانوي

الباب الأول :

التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الرابع :

المناعة في الكائنات الحية

إعداد

الدكتور أحمد محمد صفوت

المناعة في الكائنات الحية

مقدمة

أولاً : المناعة في النبات

ثانياً : المناعة في الإنسان

ثالثاً : آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان

المناعة

(1) **التعريف** : **مقدرة الجسم من خلال الجهاز المناعي على مقاومة مسببات المرض ،** سواء عن طريق **منع دخول مسببات المرض** إلى جسم الكائن الحي ، أو **مهاجمة مسببات المرض والأجسام الغريبة** والقضاء عليها **عند دخولها** جسم الكائن الحي.

(2) **الأنواع** :

** **يعمل الجهاز المناعى وفق نظامين هما** :

1. **المناعة الطبيعية أو الفطرية أو الموروثة (غير المتخصصة).**
2. **المناعة المكتسبة أو التكيفية (المتخصصة).**

(3) **هذان النظامان المناعيان يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما** :

- لأن المناعة الفطرية أساسية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح.
- وهذا الترابط يسمح للجسم بالتعامل بنجاح مع الكائنات الممرضة.

مصادر التهديد المستمر لحياة الكائن الحي

(1) **مصادر حيوية ، مثل : مسببات الأمراض كبعض الحشرات والأوليات الحيوانية والفطريات والبكتريا والفيروسات.**

(2) **مصادر غير حيوية ، مثل : الحوادث والكوارث الطبيعية واختلال عناصر البيئة المحيطة.**

آليات الدفاع عن النفس من أجل البقاء

1. في مقابل وجود مصادر التهديد المستمر لحياة الكائن الحي فإن كل نوع من أنواع الكائنات الحية **يُطور من آليات الدفاع عن نفسه من أجل البقاء.**

2. **ومن هذه الآليات** :

أ. تغيير اللون بغرض التمويه. **ب. إفراز السموم لقتل الكائن الآخر (العدو).**

ج. الجرى للهروب من الأعداء.

3. لهذا فإن الكائنات الحية في **صراع دائم مع ما يهدد حياتها من أخطار** ، لذا فقد وهب الله هذه الكائنات **طرق دفاعية متقنة ، يتم تغييرها باستمرار لمواجهة أساليب العدو المختلفة.**

أولاً : المناعة في النبات

(1) مسببات المرض والموت في النبات

** **يمكن حصر مسببات المرض والموت عند النبات فى ثلاثة أسباب رئيسية هى** :

(1) **الأعداء الخطرة** :

1. تسبب أضراراً بالغة قد **تودي بحياة النبات أو ينشأ عنها أمراضاً خطيرة.**

2. **تشمل** : **حيوانات الرعى - الحشرات - الفطريات - البكتريا - الفيروسات - وغيرها.**

(2) **الظروف غير الملائمة** :

1. ينشأ عنها أضراراً **يمكن تلافيها أو علاجها بزوال السبب.**

2. **تشمل** : **الحرارة العالية - البرودة الزائدة - نقص أو زيادة الماء - نقص العناصر الغذائية - التربة غير الملائمة - وغيرها.**

(3) **المواد السامة** :

1. ينشأ عنها أضراراً يمكن تلافيها أو علاجها بزوال السبب **إلا أنها قد تكون قاتلة للنبات.**

2. مثل : **الدخان والأبخرة السامة والمبيدات الحشرية والصرف الصحي غير المُعالج والمواد التي تتدفق من المصانع وغيرها إلى الأنهار ومياه الري.**

(2) دور الإنسان في حماية النبات من الكائنات الممرضة

** يستعمل الإنسان **طرقاً ويستحدث وسائل تعمل على حماية ووقاية النباتات من الأمراض** (نظراً لأهمية النبات الكبرى والحيوية بالنسبة له).

** **أهم هذه الطرق والوسائل** :

1. استعمال مبيدات للقضاء على الأعشاب الضارة.

2. مقاومة الحشرات بطرق مختلفة.

3. حث النباتات على مقاومة الأمراض النباتية **فيما يعرف بالمناعة المكتسبة** (**تحفيز المناعة المكتسبة للنبات**).

4. إنتاج سلالات نباتية أكثر مقاومة للأمراض والحشرات (**عن طريق التربية النباتية أو استخدام الهندسة الوراثية**).

** **مركبات تنشيط الحماية والمقاومة** :

- يمكن أن تنتقل **مركبات تنشيط الحماية والمقاومة** من خلية إلى آخرى وبطريقة منتظمة من خلال **جهاز النقل في النبات** الذي يقابل **الأوعية الدموية في الحيوانات**.

(3) طرق المناعة في النبات

** **تحمى النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض من خلال طريقتين هما** :

(أ) المناعة التركيبية

- وفيها تحمي النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض **بإنجاز بعض الآليات من خلال تراكيب تمتلكها**.
- **تشمل** :

1) **وسائل مناعية تركيبية موجودة أصلاً فى النبات**

✓ تتمثل في (الأدمة الخارجية لسطح النبات – الجدار الخلوي).

2) **وسائل مناعية تركيبية تتكون كإستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة**

✓ تتمثل في (تكوين الفللين – تكوين التيلوزات – ترسيب الصموغ – التراكيب المناعية الخلوية – التخلص من النسيج المصاب " **الحساسية المفرطة** ").

(ب) المناعة البيوكيميائية

- وفيها تحمي النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض عن طريق **استجابات لإفراز مواد كيميائية**.
- **تتمثل في** :

1) **المستقبلات** (التي تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات).

2) **المواد الكيميائية المضادة للكائنات الدقيقة** :

أ. الفينولات والجلوكوزيدات.

ب. الأحماض الأمينية غير البروتينية ، وتشمل (**مركبات كيميائية سامة** ، مثل : الكانافنين والسيفالوسبورين).

3) **البروتينات المضادة للكائنات الدقيقة** (إنزيمات نزع السُمية).

(أ) المناعة التركيبية

(1) **التعريف** : **حواجز (تراكيب) طبيعية** يمتلكها النبات ، تمثل **خط الدفاع الأول** لمنع دخول المسببات المرضية إلى النبات وإنتشارها بداخله.

(2) **طريقة العمل** : وفيها تحمي النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض **بإنجاز بعض الآليات من خلال تراكيب تمتلكها.**

(3) **الأنواع** (**آليات المناعية أو وسائل المناعة التركيبية**) :

** **تتضمن المناعة التركيبية نوعان من الآليات (الوسائل) المناعية** :

(أ) وسائل مناعية تركيبية موجودة أصلاً – سلفاً – في النبات :

1) الأدمة الخارجية لسطح النبات (القشرة) :

1. تمثل **حائط الصد الأول** في مقاومة مسببات المرض.

2. **تتميز بوجود بعض التراكيب المناعية التي تغطيها أو تكسوها ، مثل :**

أ. الطبقة الشمعية : **تمنع استقرار الماء عليها** ، فلا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتريا.

ب. الشعيرات أو الأشواك : تحول **دون تجمع الماء أو أكلها** من بعض حيوانات الرعي ، مما يقلل من فرص الإصابة بالأمراض.

2) الجدار الخلوي :

1. يمثل **الواقي الخارجي للخلايا** ، وخاصة خلايا طبقة البشرة الخارجية.

2. يتركب بصفة أساسية من السليلوز ، وبعد تغلظه بالّلجنين يصبح صلباً ، مما يُصعِّب على الكائنات الممرضة اختراقه.

(ب) وسائل مناعية تركيبية تتكون كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة:

1) تكوين الفللين :

أ. **سبب الحدوث** : **تعرض النبات** للقطع أو للتمزق ، **نتيجة لنمو النبات في السُمك** أو **بسبب جمع الثمار** أو **لسقوط الأوراق في الخريف** أو **لتعدي الإنسان والحيوان.**

ب. **الأهمية** : **عزل المناطق النباتية التي تعرضت للقطع أو للتمزق** ، مما **يمنع دخول** الكائن الممرض للنبات.

2) **تكوين التيلوزات :**

أ. **تعريف التيلوزات** : عبارة عن نموات زائدة ، **تنشأ** نتيجة **تمدد الخلايا البارنشيمية المجاورة لقصيبات الخشب** ، **وتمتد داخلها** من خلال **النُقر**.

ب. **سبب الحدوث** : **تعرض الجهاز الوعائي في النبات** للقطع أو للغزو من قبل الكائنات الممرضة.

ج. **الأهمية** : **إعاقة حركة الكائنات الممرضة** إلى **الأجزاء الأخرى** في النبات.

3) **ترسيب الصموغ (إفراز النبات لمادة الصمغ) :**

أ- **سبب الحدوث** : إصابة **النبات** بجروح أو قطوع **في بعض المناطق**.

ب- **الأهمية** : **منع دخول الميكروبات** إلى النبات من خلال الأجزاء **المجروحة أو المقطوعة**.

4) **التراكيب المناعية الخلوية :**

أ. **التعريف** : **تراكيب خلوية** في النبات ، **تحدث بها بعض التغيُرات الشكلية** ، نتيجة غزو الكائنات الممرضة للنبات.

ب. **أمثلة** :

1. انتفاخ الجدر الخلوية (**في خلايا كل من البشرة وتحت البشرة**) أثناء الإختراق المباشر للكائن الممرض ، مما يؤدي إلى **تثبيط إختراقه** لتلك الخلايا.

2. إحاطة خيوط الغَزل الفطري المهاجمة للنبات بغلاف عازل حتى يمنع إنتقاله من خلية إلى آخرى.

5) **التخلص من النسيج المصاب (الحساسية المفرطة) :**

- ✓ **يقوم النبات بالتخلص من الكائن الممرض عن طريق** قتل أنسجته المصابة (**أنسجة النبات المصابة**).
- ✓ **الأهمية** : **منع انتشار الكائن الممرض من الأنسجة المصابة إلى الأنسجة السليمة**.

(ب) المناعة البيوكيميائية

(1) **التعريف** : **استجابة النبات لإفراز مواد كيميائية** ضد الكائنات الممرضة.

(2) **طريقة العمل** : وفيها تحمي النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض عن **طريق استجابات لإفراز مواد كيميائية**.

(3) **الأنواع** (**الآليات المناعية أو وسائل المناعة البيوكيميائية**) :

** **تتضمن المناعة البيوكيميائية الآليات المناعية التالية** :

1) **المستقبلات** (**تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات**)

1. **التعريف** : هى **مركبات** توجد في **النباتات السليمة والمصابة** ، إلا أن تركيزها **يزداد** في النباتات **عقب الإصابة**.

2. **الوظيفة** :

أ. **إدراك وجود الميكروب**.

ب. تنشيط دفاعات النبات **بتحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة فيه**.

2) **المواد الكيميائية المضادة للكائنات الدقيقة** :

1. **التعريف** : هى مركبات **تفرزها بعض النباتات** لمقاومة الكائنات الممرضة ، وقد **تكون موجودة أصلاً في النبات قبل حدوث الإصابة** ، أو **تؤدي الإصابة إلى تكوينها** (**أي تتكون بعد مهاجمة الكائن الممرض للنبات**).

2. **أمثلة** (**الوظيفة والأمثلة**) :

(أ) **الفينولات والجلوكوزيدات** : هى مركبات كيميائية **سامة** ، **تقتل** الكائنات الممرضة (مثل **البكتريا**) أو **تُثبط** نموها.

(ب) **الأحماض الأمينية غير البروتينية** : هى **أحماض أمينية لا تدخل في بناء البروتينات** في النبات ، ولكنها تعمل **كمواد واقية له** ، وتشمل **مركبات كيميائية سامة** (مثل : **الكانافنين والسيفالوسبورين**).

3) **البروتينات المضادة للكائنات الدقيقة** :

1. **التعريف** : هى بروتينات **غير موجودة أصلاً بالنبات** ، ولكن **يُستحث إنتاجها نتيجة الإصابة**.

2. **الوظيفة** : **تتفاعل مع السموم** التي تفرزها الكائنات الممرضة ، **وتحولها إلى مركبات غير سامة** للنبات.

3. **أمثلة** : **إنزيمات نزع السُمية** (**هى إنزيمات تنتجها النباتات أحياناً ، لكي تقوم بالتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة ، وتُبطل سُميتها**).

** **مما سبق نجد أن** : بعض النباتات تقوم بتعزيز وتقوية دفاعاتها بعد الإصابة حتى تحمى نفسها من أي إصابة جديدة.

س : **قارن بين :**

1. **المناعة التركيبية والبيوكيميائية في النبات ، من حيث** : (التعريف – طريقة العمل – الأنواع أو الوسائل أو الآليات المناعية) ؟!

2. **تكوين الفللين وتكوين التيلوزات وترسيب الصموغ ، من حيث** : (سبب الحدوث - الأهمية) ؟!

3. **المواد الكيميائية المضادة للكائنات الدقيقة والبروتينات المضادة للكائنات الدقيقة ، من حيث** : (التعريف – الوظيفة – الأمثلة) ؟!

ثانياً : المناعة في الإنسان

الجهاز المناعي في الإنسان

(1) هو **جهاز متناثر الأجزاء** ، أي لا ترتبط أجزاؤه ببعضها البعض بصورة تشريحية متتالية كما في الجهاز **الهضمي** أو **التنفسي** أو **الدوري**.

(2) لذا فالجهاز المناعي **يتكون من أجزاء متفرقة في أنحاء الجسم** ، ولكنها **تتفاعل وتتعاون مع بعضها البعض بصورة متناسقة** ، وبهذا يعتبر من **الناحية الوظيفية وحدة واحدة**.

الجهاز الليمفاوي في الإنسان

(1) **يعتبر الجهاز الليمفاوي هو الجهاز المناعي لجسم الإنسان** (علل)؟! وذلك لقدرته **الدفاعية** ، حيث يتركب من الأعضاء الليمفاوية والخلايا الليمفاوية والخلايا البلعمية الكبيرة ، كما أنه يقوم بإنتاج **الأجسام المضادة والمواد الكيميائية المساعدة الآخرى** ، المسئولة عن إكساب الجسم المناعة.

(2) **يطلق على بعض أعضاء الجهاز المناعي " الأعضاء الليمفاوية "** لأنها **تُعد موطن للخلايا الليمفاوية ، وهى خلايا مناعية ومن المكونات الرئيسية للجهاز الليمفاوي ، الذي يُعد بمثابة الجهاز المناعي لجسم الإنسان.**

الجهاز الليمفاوى للإنسان

** **الزائدة الدودية** : تقع في بداية **الأمعاء الغليظة** ، ثبت أن لها **فائدة مناعية** حيث أن بها **نسيجاً ليمفاوياً** يعمل على تصفية البكتيريا والفيروسات الدخيلة ، وتكوين مناعة ضدها.

(3) التركيب (يتركب الجهاز الليمفاوي في الإنسان من) :

1) الأعضاء الليمفاوية

(نخاع العظام – الغدة التيموسية – اللوزتان – الطحال – بقع باير – العقد الليمفاوية).

2) الخلايا الليمفاوية :

1. الخلايا البائية B.
2. الخلايا التائية T (التائية المساعدة T_H – التائية السامة " القاتلة " T_C – التائية المثبطة " الكابحة " T_S).
3. الخلايا القاتلة الطبيعية NK.

3) خلايا الدم البيضاء الآخرى : (القاعدية – الحامضية – المتعادلة – وحيدة النواة).

4) الخلايا البلعمية الكبيرة : (الثابتة – الدوارة " الجوالة ").

5) المواد الكيميائية المساعدة " السيتوكينات " :

(الكيموكينات – الإنترلوكينات – سلسلة المتممات " المكملات " – الإنترفيرونات).

6) الأجسام المضادة : (IgD – IgE – IgG – IgA – IgM).

خلايا الدم البيضاء (WBCs)

الأنواع	الوظيفة
** تتمايز خلايا الدم البيضاء إلى الأنواع التالية : (1) الخلايا الليمفاوية (غير محببة). (2) الخلايا وحيدة النواة (غير محببة) " تتحول إلى خلايا بلعمية كبيرة عند الحاجة ". (3) الخلايا القاعدية (محببة) (متعددة الأنوية). (4) الخلايا الحامضية (محببة) (متعددة الأنوية). (5) الخلايا المتعادلة (محببة) (متعددة الأنوية).	** توجد عدة أنواع من خلايا الدم البيضاء ، ولكل نوع وظيفة خاصة. ** لكن دورها الأساسي هو الدفاع عن الجسم ، كما يلي : 1. مهاجمة الميكروبات (تحيط بها وتبتلعها). 2. تعطل المواد الغريبة التي تفرزها الميكروبات في الدم. 3. التخلص من الخلايا الميتة والفضلات الأخرى. 4. إنتاج الأجسام المضادة بواسطة أنواع معينة من خلايا الدم البيضاء.

(1) الأعضاء الليمفاوية

** تحتوي على **أعداد غفيرة** من **الخلايا الليمفاوية** ، وفيها يتم **نضج وتمايز الخلايا الليمفاوية**.

** **ومن هذه الأعضاء** :

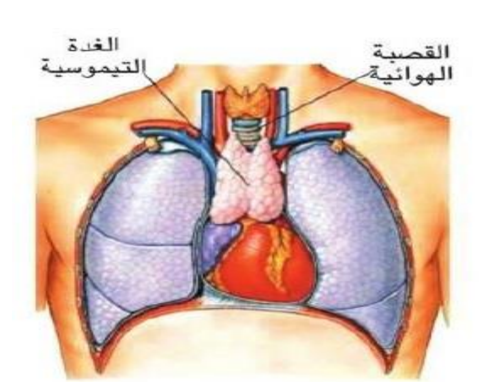
(1) نخاع العظم :

1- **مكان التواجد** (**نسيج يوجد داخل ما يلي**) :

أ. **العظام المسطحة** ، مثل (**الجمجمة – العمود الفقري - الترقوة – القص – الضلوع – الكتف – الحوض**).

ب. **رؤوس العظام الطويلة** ، مثل (**عظام الفخذ والساق والعضد**).

2- **الوظيفة** : **إنتاج خلايا الدم الحمراء والبيضاء وصفائح الدم**.



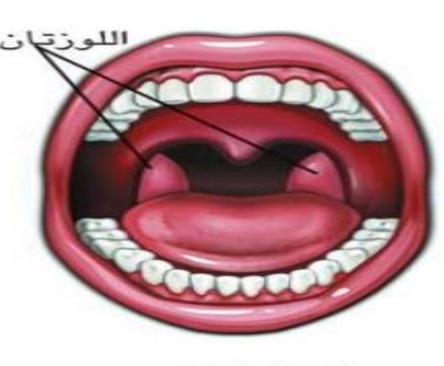
شكل (٢) الغدة التيموسية

(2) الغدة التيموسية :

1- **مكان التواجد** : تقع على القصبة الهوائية أعلى القلب وخلف عظمة القص.

2- **الوظيفة** : إفراز **هرمون التيموسين** الذي يُحفز نضج  **الخلايا الليمفاوية الجذعية** إلى **الخلايا التائية T** ، ويُحفز **تمايزها إلى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية**.

(3) اللوزتان (**غدتان ليمفاويتان**) :



شكل (٤) اللوزتان

1- **مكان التواجد** : تقعان على جانبي الجزء الخلفي من الفم (**تقع في الجزء الخلفي من الفم**).

2- **الوظيفة** : **إلتقاط أي ميكروب أو جسم غريب** يدخل مع الطعام أو الهواء ، ومنع دخوله إلى الجسم ، وبذلك تعمل على حماية الجسم.

 (4) الطحال :

1- **الحجم** : عضو ليمفاوي صغير، لا يزيد حجمه عن قبضة اليد.

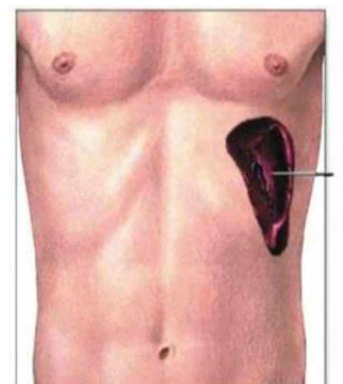
2- **اللون** : أحمر قاتم.

3- **مكان التواجد** : يقع في **الجانب العلوي الأيسر** من **تجويف البطن**.

4- **الوظيفة** :

* **يلعب الطحال دوراً مهماً فى مناعة الجسم نظراً لإحتوائه على الكثير من الخلايا التالية**

أ. الخلايا البلعمية الكبيرة



شكل (٣) الطحال

- نوع من خلايا الدم البيضاء التى تقوم بما يلى :

1. **إلتقاط الميكروبات أو الأجسام الغريبة أو الخلايا الجسدية الهرمة** (**المسنة**) ككريات الدم الحمراء المسنة ، ثم **تفتيتها** إلى مكوناتها الأولية ، ليتخلص منها الجسم.
2. **حمل المعلومات** التي تم جمعها عن **الميكروبات والأجسام الغريبة** لتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة.

ب. الخلايا الليمفاوية (**نوع آخر من خلايا الدم البيضاء**).

(5) بقع باير :

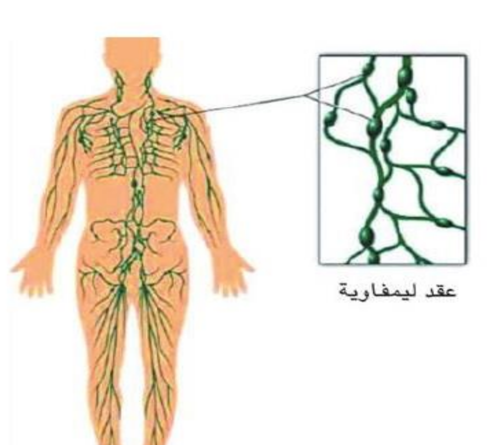
1- **التعريف** : **عقد صغيرة** من الخلايا الليمفاوية ، تتجمع على شكل **لطع** أو **بقع**.

2- **مكان التواجد** : تنتشر في **الغشاء المخاطي المبطن للجزء السفلي** من **الأمعاء الدقيقة**.

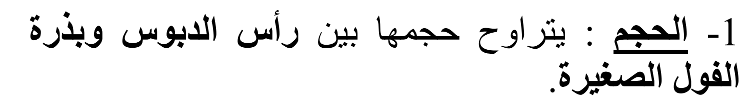
3- **الوظيفة** :

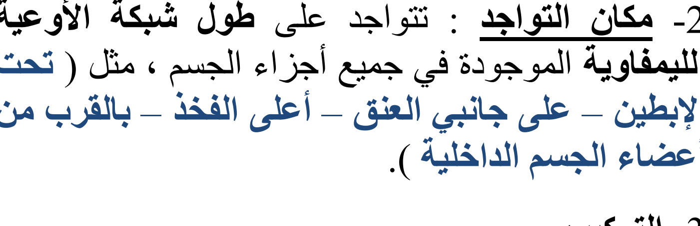
- **وظيفتها الكاملة غير معروفة.**
- لكنها تلعب دوراً مهماً في **الإستجابة المناعية ضد الكائنات الدقيقة** التي تدخل **الأمعاء** وتسبب الأمراض.

(6) العقد الليمفاوية :



شكل (٥) العقد الليمفاوية


1- **الحجم** : يتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة **الفول الصغيرة**.


2- **مكان التواجد** : تتواجد على **طول شبكة الأوعية الليمفاوية** الموجودة في جميع أجزاء الجسم ، مثل (**تحت الإبطين – على جانبي العنق – أعلى الفخذ – بالقرب من أعضاء الجسم الداخلية**).

3- **التركيب** :

(أ) **تنقسم العقدة الليمفاوية من الداخل إلى جيوب تمتلئ بما يلي :**

1. **الخلايا الليمفاوية البائية B.**
2. **الخلايا الليمفاوية التائية T.**
3. **الخلايا البلعمية الكبيرة وبعض أنواع من خلايا الدم البيضاء الآخرى**

(**التي تُخلص الليمف مما علق به من جراثيم وحطام الخلايا**).

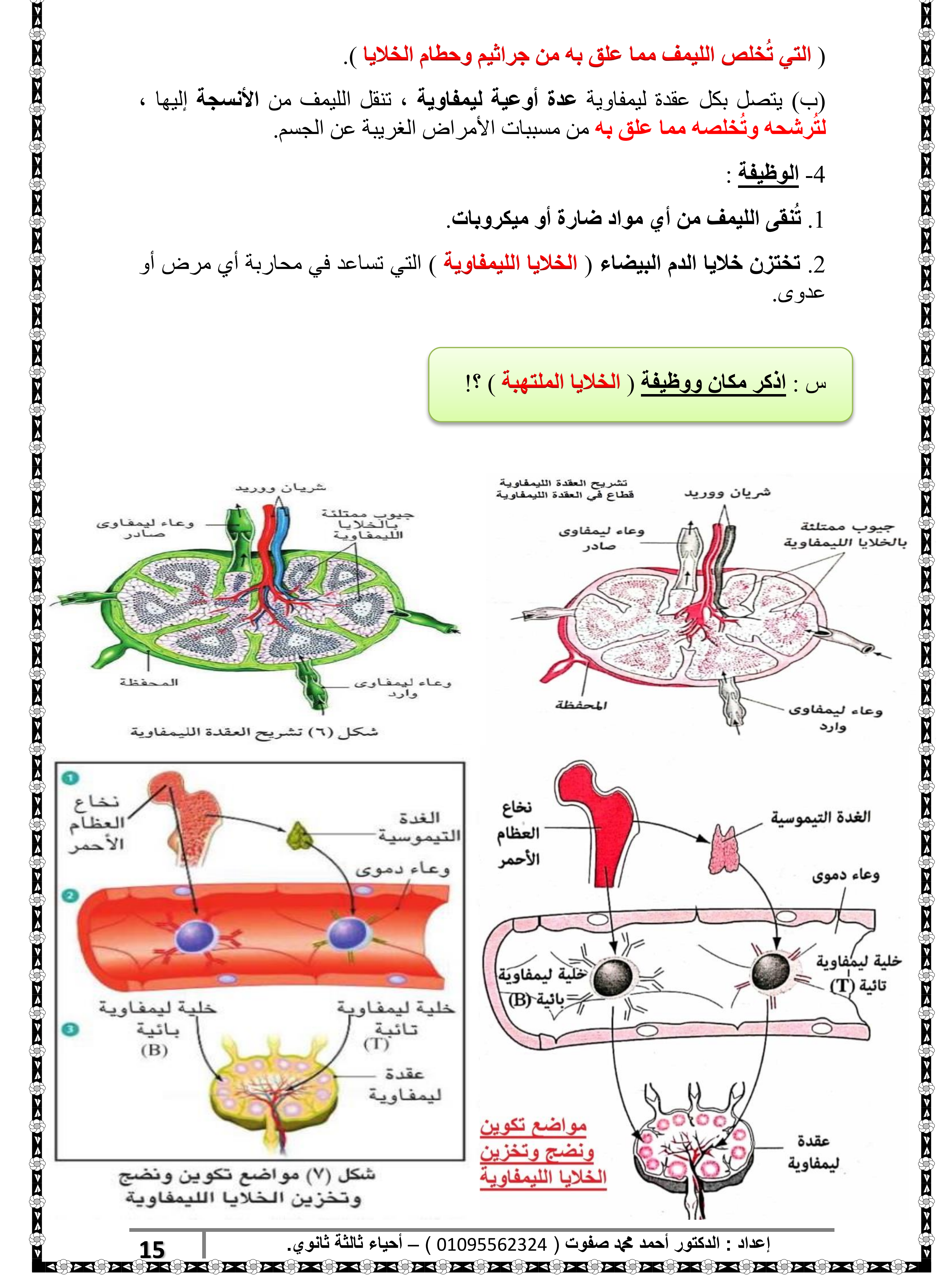
(ب) يتصل بكل عقدة ليمفاوية **عدة أوعية ليمفاوية** ، تنقل الليمف من **الأنسجة** إليها ، **لتُرشحه وتُخلصه مما علق به** من مسببات الأمراض الغريبة عن الجسم.

4- **الوظيفة** :

1. **تُنقى الليمف من أي مواد ضارة أو ميكروبات**.

2. **تختزن خلايا الدم البيضاء** (**الخلايا الليمفاوية**) التي تساعد في محاربة أي مرض أو عدوى.

س : **اذكر مكان ووظيفة** (**الخلايا الملتهبة**) ؟!



شكل (٦) تشريح العقدة الليمفاوية

شكل (٧) مواضع تكوين ونضج وتخزين الخلايا الليمفاوية

(2) الخلايا الليمفاوية (غير محببة)

(1) **التعريف** : نوع من **خلايا الدم البيضاء** **غير المحببة**.

(2) **مكان تكوينها** : جميع الخلايا الليمفاوية تتكون في **نخاع العظام الأحمر**.

(3) **أماكن تواجدها** : **يوجد ثلاثة أنواع منها في الدم**.

(4) **نسبتها** : تُشكل حوالي **20 : 30 %** من خلايا الدم البيضاء بالدم.

(5) **قدرتها المناعية** :

1. **في بداية التكوين لا يكون لها أي قدرة مناعية**.
2. ولكنها تمر **بعملية نضوج وتمايز في الأعضاء الليمفاوية** لتتحول بعدها إلى **خلايا ذات قدرة مناعية**.

(6) **وظيفة الخلايا الليمفاوية** :

1. **تدور في الدم باحثة عن أي ميكروب أو جسم غريب**.
2. **تشغل آلياتها الدفاعية والمناعية للتخلص من شرور هذه الميكروبات الممرضة (التي تحاول غزو الجسم والتكاثر والإنتشار فيه ، وتخريب أنسجته ، وتعطيل وظائفه الحيوية الفسيولوجية)**.

(7) **أنواع الخلايا الليمفاوية** :

** **يوجد ثلاثة أنواع منها في الدم** :

1) الخلايا البائية B.

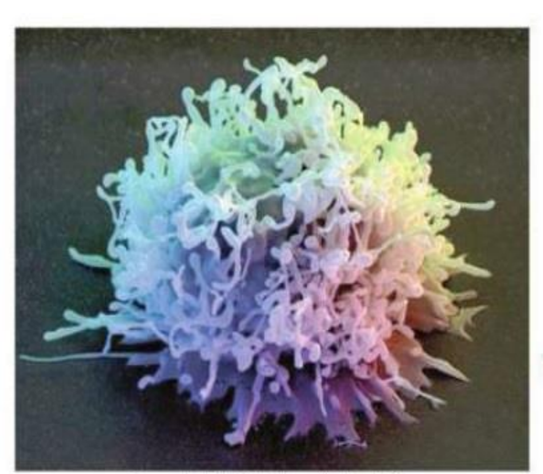
2) الخلايا التائية T (ثلاثة أنواع)

1. الخلايا التائية المساعدة T_H.

2. الخلايا التائية السامة أو القاتلة T_C.

3. الخلايا التائية المثبطة أو الكابحة T_S.

3) الخلايا القاتلة الطبيعية NK.



شكل (٨) خلية قاتلة طبيعية

مقارنة بين أنواع الخلايا الليمفاوية المختلفة

الخلايا	نسبتها من الخلايا الليمفاوية بالدم	مكان تكوينها ونضجها	الوظيفة
(1) الخلايا البائية B	حوالي 10 : 15 %	نخاع العظام الأحمر.	* التعرف على أي ميكروبات أو مواد غريبة عن الجسم (مثل : البكتريا أو الفيروسات). * والإلتصاق بها. * ثم إنتاج أجسام مضادة لها لتقوم بتدميرها.
(2) الخلايا التائية T	حوالي 80 %	- تتكون في نخاع العظام الأحمر. - يتم نضجها في الغدة التيموسية.	* تتمايز إلى ثلاثة أنواع ، تقوم بالوظائف التالية : 1. الخلايا التائية المساعدة T_H ✓ تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا التائية ، وتحفزها للقيام باستجاباتها المناعية. ✓ تحفز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة. 2. الخلايا التائية السامة (القاتلة) T_C ✓ تهاجم الخلايا الغريبة عن الجسم (مثل : الخلايا السرطانية ، والأعضاء المزروعة ، وخلايا الجسم المصابة بالفيروس). 3. الخلايا التائية المثبطة (الكابحة) T_S ✓ تنظم درجة الإستجابة المناعية للحد المطلوب. ✓ تثبط أو تكبح عمل الخلايا البائية B والتائية T بعد القضاء على الكائن الممرض.
(3) الخلايا القاتلة الطبيعية NK	حوالي 5 : 10 %	نخاع العظام الأحمر.	* مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية. * والقضاء عليها بواسطة الإنزيمات التي تفرزها.

(3) خلايا الدم البيضاء الآخرى (المحببة)

** **تنقسم إلى أربعة أنواع أساسية** :

(أ) الخلايا القاعدية والخلايا الحامضية والخلايا المتعادلة (محببة) (متعددة الأنوية) :

1. **يمكن التمييز بينها عن طريق حجمها وشكل النواة ولون الحبيبات الظاهرة** بداخلها تحت المجهر.

2. **تبقى بالدورة الدموية لفترة قصيرة نسبياً** تتراوح بين **عدة ساعات** إلى **عدة أيام**.

3. **الوظيفة** :

* **مكافحة العدوى خاصة العدوى البكتيرية والإلتهابات.**

* **وذلك لأنها** :

أ. تحتوي على **حبيبات** تقوم **بتفتيت خلايا الكائنات الممرضة** المهاجمة للجسم ، لذا تسمى **بـ (الخلايا المحببة)**.

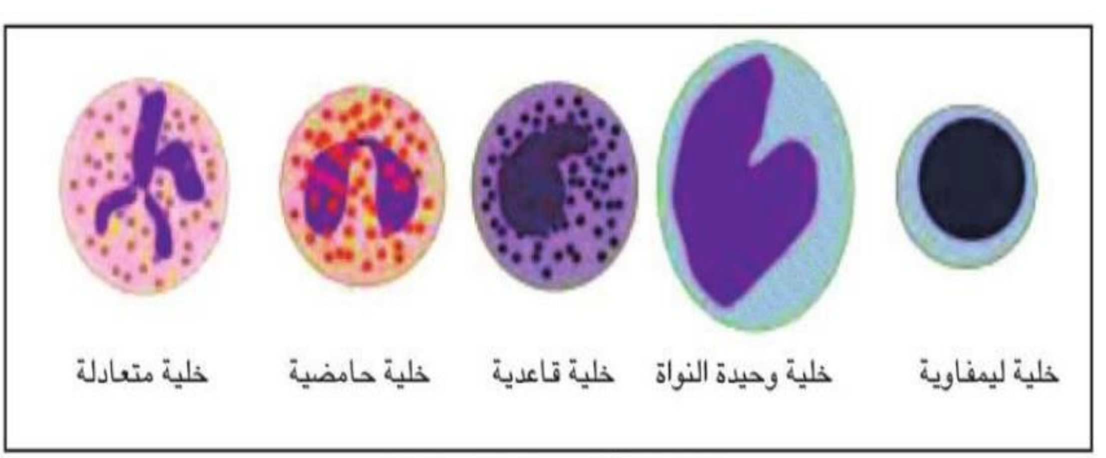
ب. تقوم **ببلعمة الكائنات الممرضة (هضمها وإبتلاعها)**.

(ب) الخلايا وحيدة النواة (غير محببة) :

✓ **الوظيفة** :

1. **تدمير الأجسام الغريبة.**

2. **التحول إلى خلايا بلعمية عند الحاجة (والتي تلتهم بدورها الكائنات الغريبة عن الجسم).**



شكل (٩) أنواع خلايا الدم البيضاء

(4) الخلايا البَلعمية الكبيرة (Macrophages)

** **نشأتها أو تكوينها** : تنشأ من **خلايا الدم البيضاء وحيدة النواة Monocytes** كإستجابة **للعدوي** أو **تلف الأنسجة** أو **تراكم الخلايا الميتة**.

** **أنواعها**

(**تشمل نوعين أساسيين هما**) :

(1) الخلايا البَلعمية الكبيرة الثابتة :

1- أماكن التواجد : تتواجد في **معظم أنسجة الجسم** (**لذا تُسمى بأسماء مختلفة على حسب النسيج الموجودة فيه**).

2- الوظيفة :

* **تتأهب لإلتهام أي جسم غريب** يتواجد بالقرب منها **بعملية البَلعمة** (**حيث تقوم بإلتقاط الميكروبات أو الأجسام الغريبة أو الخلايا الجسدية الهرمة أو المسنة ككريات الدم الحمراء المسنة ، وتعمل على تفتيتها إلى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم**).

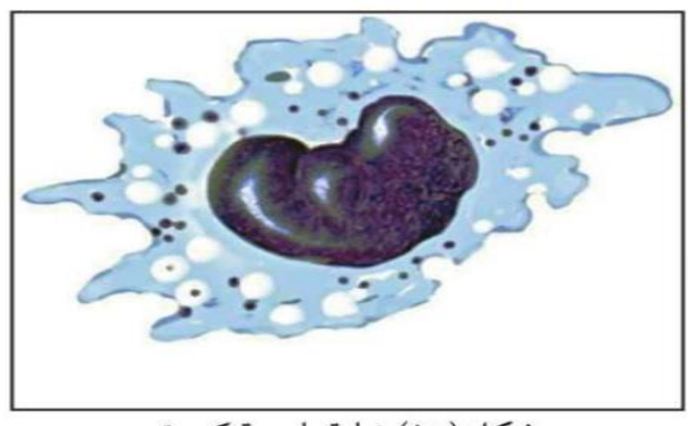
(2) الخلايا البَلعمية الكبيرة الدوارة (الجوالة) :

1- أماكن التواجد : **تدور مع الدم في أجزاء الجسم المختلفة**.

2- الوظيفة :

1. **إلتهام الأجسام الغريبة** (**عملية البَلعمة**).
2. **حمل المعلومات التي تم جمعها عن الميكروبات والأجسام الغريبة لتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة** الموجودة في **العقد الليمفاوية** المنتشرة في الجسم ، **لتقوم بما يلي** :

- **تجهيز الوسائل الدفاعية المناسبة مثل الأجسام المضادة.**
- **تخصيص نوع الخلايا القاتلة التي ستتعامل مع الميكروب.**



شكل (١٠) خلية بلعمية كبيرة

(5) المواد الكيميائية المساعدة (Cytokines)

تعريفها	هى مواد تتعاون ، وتساعد الآليات المتخصصة للجهاز المناعي في عملها.	
أنواعها	التعريف	الوظيفة
(1) الكيموكينات Chemokins	(نوع من المواد الكيميائية المساعدة التي يتم إنتاجها بواسطة الخلايا المصابة أو التالفة في الجسم)	✓ تمثل عوامل جذب للخلايا المناعية البلعمية المتحركة مع الدم بأعداد كبيرة نحو موقع تواجد الميكروبات أو الأجسام الغريبة ، وذلك للحد من تكاثر وانتشار الميكروب المسبب للمرض.
(2) الإنترلوكينات Interleukins	(مواد بروتينية تفرزها الخلايا الليمفاوية التائية المساعدة T_H النشطة أو المُنشطة)	✓ تعمل كأداة اتصال أو ربط بين خلايا الجهاز المناعي المختلفة. ✓ تعمل كأداة اتصال أو ربط بين الجهاز المناعي وخلايا الجسم الآخرى. ✓ مساعدة الجهاز المناعي في أداء وظيفته الدفاعية.
(3) سلسلة المتممات (المكملات) Complements	مجموعة متنوعة من البروتينات والإنزيمات.	✓ تدمير الميكروبات الموجودة بالدم ، بعد ارتباطها (أي المتممات) بالأجسام المضادة ، عن طريق : (تحلل الأنتيجينات الموجودة على سطح الميكروبات ، وإذابة محتوياتها ، لجعلها في متناول خلايا الدم البيضاء ، لكي تلتهمها وتقضي عليها).
(4) الإنترفيرونات Interferons	عدة أنواع من البروتينات يتم إنتاجها بواسطة خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات ، وهى غير متخصصة بفيروس معين.	✓ منع الفيروس من التكاثر والإنتشار فى الجسم : (حيث أنها ترتبط بالخلايا الحية ، التي لم تصب بالفيروس ، والمجاورة للخلايا المصابة ، وتحثها على إنتاج نوع من الإنزيمات يعمل على تثبيط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووي للفيروس).

(6) الأجسام المضادة

(1) **التعريف** : مواد **بروتينية** ، تسمى بـ (**الجلوبيولينات المناعية**) ، وتظهر على شكل حرف **Y** ، وتوجد **بالدم والليمف** في الحيوانات الفقارية والإنسان ، ويتم إنتاجها بواسطة **الخلايا البائية البلازمية**.

(2) **أماكن التواجد** : **الدم والليمف** في **الحيوانات الفقارية والإنسان**.

(3) **إنتاجها** (**مكان إفرازها**) : يتم بواسطة **الخلايا البائية البلازمية**.

(4) **الوظيفة** : تقوم **الأجسام المضادة وجزيئات المتممات** (**سلسلة المتممات أو المكملات**) **بالإلتصاق بالميكروبات** (كالبكتريا) ، لتجعلها في متناول **خلايا الدم البيضاء** ، لكي **تلتهمها وتقضي عليها**.

(5) **كيفية التكوين** :

1. يوجد على **سطح الميكروبات** (**كالبكتريا**) التي تغزو أنسجة الجسم **مركبات** تسمى (**مولدات الضد** أو **المستضدات** أو **الأنتيجينات**) ، وهى بمثابة **أجسام غريبة** عن الجسم.

2. تقوم الخلايا المناعية **البائية B** بالتعرف على **هذه الأجسام والمكونات الغريبة** عن الجسم (**عن طريق ارتباط المستقبلات الموجودة على سطح الخلايا البائية B بالأنتيجينات الموجودة على سطح الميكروبات**).

3. وبالتالي **تتحول** الخلايا **البائية B** بعد ذلك إلى **خلايا بائية متخصصة** ، تسمى **الخلايا البائية البلازمية** (**تقوم بإنتاج الأجسام المضادة التي تدور مع الدم والليمف ، وهى مصممة لتضاد الأجسام الغريبة عن الجسم**).

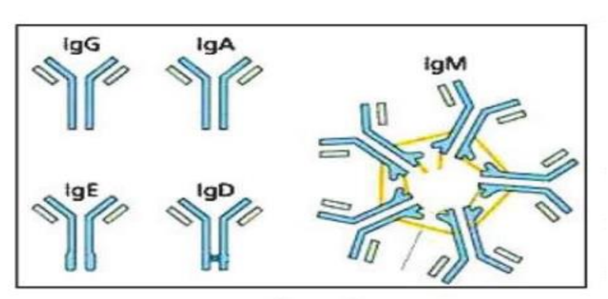
4. **عندما تصادف الخلايا الليمفاوية البائية B الأنتيجينات لأول مرة ، يحدث ما يلي :**
(**التغيرات التي تحدث للخلايا الليمفاوية البائية B عندما تصادف الأنتيجينات لأول مرة**)

- ✓ تقوم **بالإنقسام المتكرر** لتكوين **مجموعات**.
- ✓ **كل مجموعة** منها **تتخصص** لإنتاج **نوع واحد** من **الأجسام المضادة** (**تتخصص هى الآخرى لتضاد نوع واحد من الأنتيجينات**).
- ✓ وبذلك **تهاجم** الخلايا **البائية الأنتيجين والجزيئات الآخرى الغريبة** عن الجسم **عن طريق إنتاج الأجسام المضادة التي تدور مع الدم والليمف**.
- ✓ **مما يعني أن الأجسام المضادة متخصصة** ، **فلكل جسم مضاد أنتيجين معين يرتبط معه** (**من أهم خصائص الأجسام المضادة أنها متخصصة**).

** **الخلايا البائية البلازمية** :

(1) **التعريف** : هى **خلايا مناعية بائية متخصصة** ، **تنشأ نتيجة ارتباط المستقبلات** الموجودة على سطح الخلايا الليمفاوية البائية **B بالأنتيجينات** الموجودة على سطح الميكروبات التي تغزو الجسم.

(2) **الوظيفة** : **تقوم بإنتاج الأجسام المضادة** التي تدور مع الدم والليمف ، وهى مصممة لتضاد الأجسام الغريبة عن الجسم.



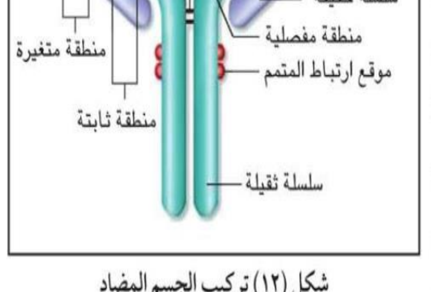
شكل (١١) أنواع الأجسام المضادة

(6) أنواع الأجسام المضادة :

* يوجد منها خمسة أنواع هي

.(IgM, IgA, IgG, IgE, IgD)

شكل وتركيب الجسم المضاد



شكل (١٢) تركيب الجسم المضاد

(1) يتركب الجسم المضاد من زوجين من السلاسل البروتينية :

1. سلسلتان طويلتان تسميان بالسلاسل الثقيلة.

2. سلسلتان قصيرتان تسميان بالسلاسل الخفيفة.

(2) ترتبط السلاسل مع بعضها عن طريق روابط كبريتيدية ثنائية.

(3) تتكون السلاسل البروتينية من منطقتين :

(أ) منطقة ثابتة (الجزء الثابت) :

- تكون ثابتة في الشكل والتركيب في جميع أنواع الأجسام المضادة.

(ب) منطقة متغيرة (الجزء المتغير) :

1. تمثل موقع ارتباط الجسم المضاد بالأنتيجين.

2. لكل جسم مضاد موقعان متماثلان للإرتباط بالأنتيجين.

3. يختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر نظراً لإختلاف تشكيل الأحماض الأمينية (تتابعها وأنواعها وشكلها الفراغي) المكونة للسلسلة الببتيدية في هذا الجزء التركيبي ، والتي تُحدد تخصص كل جسم مضاد لنوع واحد من الأنتيجينات.

4. الوظيفة : تساعد هذه المواقع على حدوث الإرتباط المحدد بين الأنتيجين والجسم المضاد الملائم له بطريقة تشبه القفل والمفتاح ، وذلك لتطابق الجزء المتغير للجسم المضاد مع الأنتيجين كصورة مرآة ، ويؤدي هذا الإرتباط إلى تكوين مركب معقد من الأنتيجين والجسم المضاد.

❖ كيف يتحدد تخصص كل جسم مضاد ؟!

✓ يتحدد تخصص كل جسم مضاد من خلال تشكيل الأحماض الأمينية المكونة للسلسلة الببتيدية (تتابع الأحماض الأمينية وأنواعها وشكلها الفراغي) ، وذلك في الجزء التركيبي المسئول عن الإرتباط بين الأنتيجين والجسم المضاد عند مواقع محددة في ذلك الجزء المتغير.

طرق عمل الأجسام المضادة (آلية العمل)

(أ) الأجسام المضادة **ثنائية الإرتباط** ، بينما الأنتيجينات فلها **مواقع ارتباط متعددة** (**مما يجعل الإرتباط بين الأجسام المضادة والأنتيجينات أمراً مؤكداً**).

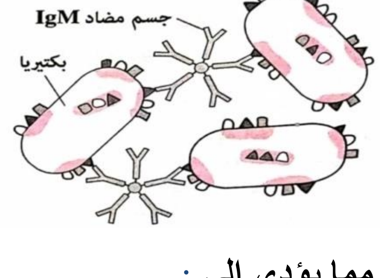
(ب) تقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنتيجينات بإحدى الطرق التالية (**التعادل – التلازن أو الإلصاق – الترسيب – التحلل – إبطال مفعول السموم**).

(1) التعادل :

1. أهم وظيفة تقوم بها الأجسام المضادة في **مقاومة الفيروسات** هى **تحييد الفيروسات وإيقاف نشاطها**.

2. تقوم الأجسام المضادة بالإرتباط **بالأغلفة الخارجية للفيروسات** (**لتمنعها من الإلتصاق بأغشية الخلايا ، والإنتشار أو النفاذ إلى داخلها**).

3. وإن حدث واخترق الفيروس غشاء الخلية ، فإن الأجسام المضادة **تمنع الحمض النووي للفيروسات من الخروج** (**من الخلايا المصابة**) **والتناسخ** ، **بإبقاءها الغلاف مغلقاً**.



(2) التلازن " الإلصاق " :

1. بعض الأجسام المضادة (مثل : **الجسم المضاد IgM**) تحتوي على **العديد من مواقع الإرتباط مع الأنتيجينات** (عشرة مواقع إرتباط بالأنتيجين).



2. وبالتالي يرتبط الجسم المضاد الواحد منها **بأكثر من ميكروب** ، مما يؤدي إلى :

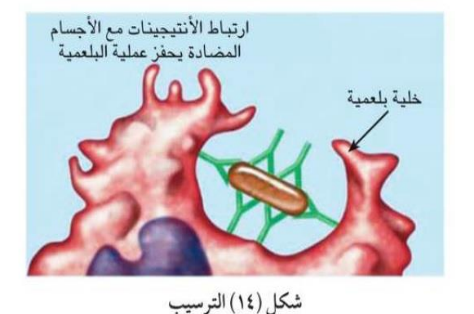
- تجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد.
- ويجعلها أكثر ضعفاً وعُرضة للإلتهام بواسطة الخلايا البلعمية.

(3) الترسيب :

1. يحدث عادة في **الأنتيجينات الذائبة**.

2. يؤدي ارتباط الأجسام المضادة مع هذه الأنتيجينات إلى **تكوين مركبات من الأنتيجين والجسم المضاد** غير ذائبة على شكل راسب.

3. وبالتالي يسهل على **الخلايا البلعمية** إلتهام هذا الراسب.



شكل (١٤) الترسيب

(4) التحلل :

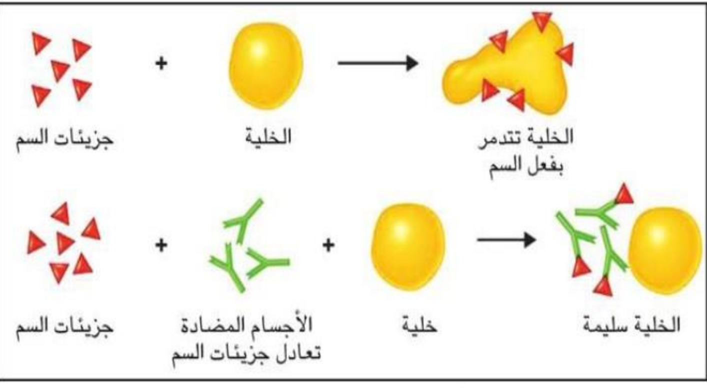
1. يعمل اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيجيات على **تنشيط بروتينات وإنزيمات خاصة** تسمى (**المتممات**).

2. تعمل هذه المتممات على تحليل أغلفة الأنتيجينات وإذابة محتوياتها (فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية).

(5) إبطال مفعول السموم :

1. تقوم الأجسام المضادة بالإرتباط بالسموم ، وتكوين مركبات من الأجسام المضادة والسموم.

2. هذه المركبات تُنشط المتممات ، فتتفاعل معها تفاعلاً متسلسلاً يؤدي إلى إبطال مفعولها (كما يساعد على إلتهامها من قبل الخلايا البلعمية).



شكل (١٥) ابطال مفعول السموم

ثالثاً : آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان

كيف يقي الجهاز المناعي الجسم من الكائنات الممرضة ؟!

(1) يعمل الجهاز المناعي وفق نظامين مناعيين :

1. المناعة الطبيعية أو الفطرية (غير المتخصصة).

2. المناعة المكتسبة أو التكيفية (المتخصصة).

(2) هذان النظامان المناعيان على الرغم من انهما مختلفان إلا أنهما يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما ؛ فكل نظام منهما يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط رد الفعل المناعي للنظام المناعي الآخر ، وهذا يسمح للجسم بالتعامل بنجاح مع الكائنات الممرضة.

آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان

(1) المناعة الطبيعية أو الفطرية (غير المتخصصة)

1. خط الدفاع الأول (الجلد والعرق – الصِمْلاخ أو شمع الأذن – الدموع – المخاط والأهداب بالممرات التنفسية – اللعاب – إفرازات المعدة الحامضية " حمض HCl ").

2. خط الدفاع الثاني (الإستجابة بالإلتهاب – الإنترفيرونات – الخلايا القاتلة الطبيعية NK).

(2) المناعة المكتسبة أو التكيفية (المتخصصة) " خط الدفاع الثالث "

1. المناعة الخلطية (المناعة بالأجسام المضادة).

2. المناعة الخلوية (المناعة بالخلايا الوسيطة).

(1) المناعة الطبيعية أو الفطرية (غير المتخصصة)

(1) **التعريف** : **مجموعة الوسائل الدفاعية** التي تحمي الجسم ، **وتتميز** بإستجابة **سريعة وفعالة** لمقاومة ومحاربة وتفتيت أي **ميكروب أو جسم غريب** يحاول دخول الجسم ، وهذه الوسائل الدفاعية **غير متخصصة** ضد نوع معين من الميكروبات أو الأنتيجينات.

(2) **آليات عملها** (**تتم بواسطة خطين دفاعين متتاليين**) :

1. خط الدفاع الأول (**الجلد والعرق – الصِمْلاخ أو شمع الأذن – الدموع – المخاط والأهداب بالممرات التنفسية – اللعاب – إفرازات المعدة الحامضية " حمض HCl "**).

2. خط الدفاع الثاني (**الإستجابة بالإلتهاب – الإنترفيرونات – الخلايا القاتلة الطبيعية NK**).

(أ) خط الدفاع الأول

* **التعريف** : **مجموعة من الحواجز الطبيعية** بالجسم (مثل **الجلد والمخاط والدموع والعرق وحمض الهيدروكلوريك بالمعدة**) **والوظيفة الأساسية لهذا الخط** هى **منع الكائنات الممرضة من دخول الجسم**.

* **وسائل عمل خط الدفاع الأول** :

1) **الجلد** :

- ✓ يتميز بوجود **طبقة قرنية صلبة** على سطحه (**تُشكل عائقاً منيعاً لا يسهل اختراقه أو النفاذ منه**).
- ✓ يتميز بوجود **العرق** الذي **تُفرزه الغدد العرقية** على سطحه (**يعتبر مميتاً لمعظم الميكروبات بسبب ملوحته**).

2) **الصِّمْلاخ** (**شمع الأذن**) : مادة تفرزها الأذن ، تعمل على **قتل الميكروبات** ، وبذلك تحمي **الأذن**.

3) **الدموع** : تحمي **العين** من الميكروبات ، لأنها تحتوي على **مواد محللة** للميكروبات.

4) **المخاط والأهداب بالممرات التنفسية** :

- **المخاط** : **سائل لزج يُبطن جُدر الممرات التنفسية** (**تلتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء**).
- **الأهداب** : تقوم **الأهداب** الموجودة في **بطانة هذه الممرات التنفسية بطرد هذا المخاط وما يحمله من ميكروبات وأجسام غريبة إلى خارج الجسم**.

5) **اللعاب** :

✓ يحتوي على **بعض المواد القاتلة للميكروبات** ، بالإضافة إلى **بعض الإنزيمات المذيبة لها.**

6) **إفرازات المعدة الحامضية** :

✓ تقوم **خلايا بطانة المعدة** بإنتاج **حمض الهيدروكلوريك HCl القوي** الذي **يُسبب موت الميكروبات الداخلة مع الطعام.**

(ب) خط الدفاع الثاني

* **التعريف** : هو **نظام دفاعي داخلي** ، **يستخدم فيه الجسم طرق وعمليات غير متخصصة متلاحقة** ، **تُحيط بالميكروبات لتمنع إنتشارها** ، **وتبدأ** هذه العمليات بحدوث **إلتهاب شديد**.

* **متى يعمل خط الدفاع الثاني ؟!**

- يعمل هذا النظام **إذا ما نجحت الكائنات الممرضة في تخطي وسائل خط الدفاع الأول** ، **وقامت بغزو أنسجة الجسم** من خلال **جرح قطعي بالجلد** على سبيل المثال.

* **وسائل عمل خط الدفاع الثاني** :

1) **الإستجابة بالإلتهاب** :

✓ **التعريف** : عبارة عن **تفاعل دفاعي غير متخصص** (غير نوعي) حول مكان الإصابة ، نتيجة **لتلف الأنسجة الذي تُسببه الإصابة أو العدوى.**

✓ **خطوات العمل** (**خطوات أو آلية الإستجابة بالإلتهاب**) :

1. **عند غزو الميكروبات لأنسجة الجسم** من خلال **جرح قطعي بالجلد** ، **تقوم خلايا متخصصة** (مثل : **الخلايا الصارية Mast Cells** – **خلايا الدم البيضاء القاعدية**) بإفراز **كميات من المواد المولدة للإلتهاب** من أهمها مادة (**الهيستامين**) عند **موقع الإصابة** ، فيحدث **الإلتهاب.**

2. **تعمل المواد المولدة للإلتهاب** (**مادة الهستامين**) **على** :

أ- **تمدد وإتساع الأوعية الدموية عند موقع الإصابة إلى أقصى حد.**
ب- **زيادة نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية للسوائل** (**البلازما**) **من الدورة الدموية.**

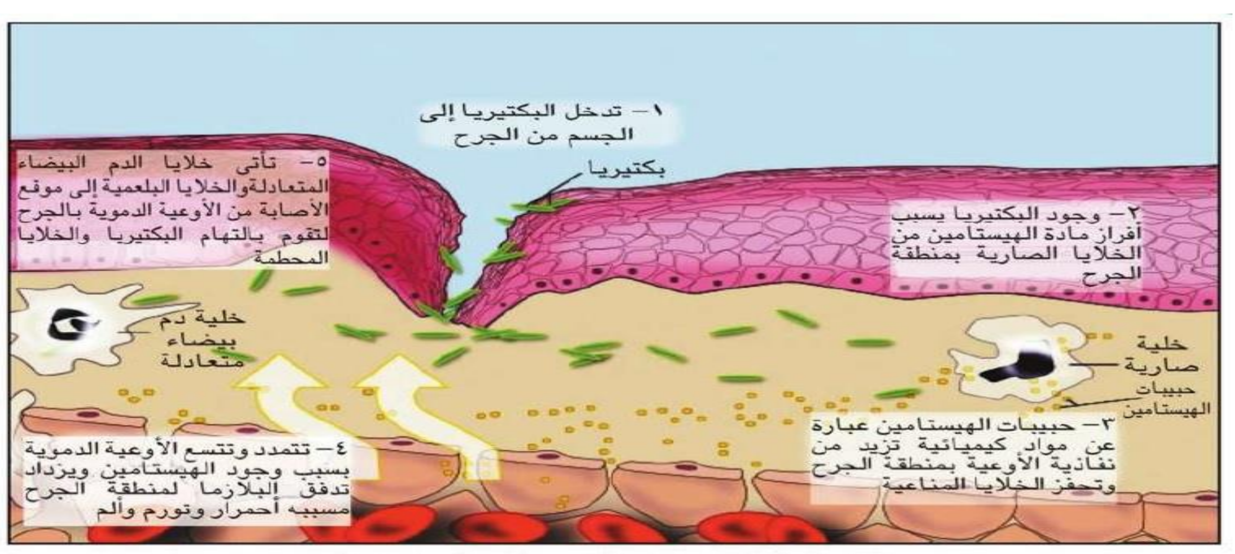
3. **النتائج المترتبة على ذلك** :

أ- **تورم الأنسجة في مكان الإلتهاب.**
ب- **السماح بنفاذ وتوجه المواد الكيميائية المذيبة والقاتلة للبكتريا** إلى موقع الإصابة (**الكيموكينات تزيد عند موقع الجرح**).
ت- **إتاحة الفرصة لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة وكذلك الخلايا البلعمية الكبيرة لمحاربة وقتل الأجسام الغريبة والميكروبات** (**إلتهامها والقضاء عليها**).

** خطوات الإستجابة بالإلتهاب بإختصار

1. تدخل البكتريا إلى الجسم من **الجرح**.
2. وجود البكتريا يُسبب إفراز **مادة الهيستامين** من **الخلايا الصارية** بمنطقة الجرح.
3. **حبيبات الهيستامين** : عبارة عن **مواد كيميائية تزيد من نفاذية الأوعية الدموية** بمنطقة الجرح **وتحفز الخلايا المناعية**.
4. **تتمدد وتتسع الأوعية الدموية** بسبب وجود **الهيستامين** ، ويزداد تدفق البلازما لمنطقة الجرح **مسببة إحمرار وتورم وألم**.
5. تأتي خلايا الدم البيضاء **المتعادلة** والخلايا **البلعمية** إلى موقع الإصابة من الأوعية الدموية بالجرح لتقوم **بإلتهام البكتريا والخلايا المحطمة**.

س : **اذكر الأهمية البيولوجية لكل من** : **الخلايا الصارية** – **المواد المولدة للإلتهاب** (**الهيستامين**) ؟!



شكل (١٦) الاستجابة بالالتهاب (غير المتخصصة)

2) الإنترفيرونات والخلايا القاتلة الطبيعية (NK) :

- مكونان آخران لخط الدفاع الثاني متواجدان في **معظم الأنسجة**.

** **الأهمية البيولوجية للخلايا الصارية** :

- **خلايا مناعية متخصصة تقوم مع خلايا الدم البيضاء القاعدية** بإفراز **كميات من المواد المولدة للإلتهاب** من أهمها مادة (**الهيستامين**) عند **موقع الإصابة** ، فيحدث **الإلتهاب**.
- **تعمل هذه المواد على ......** .

(2) المناعة المكتسبة أو التكيفية (المتخصصة)

(1) **التعريف** : هى **خط الدفاع الثالث** في الجسم ، وتتمثل في **الخلايا الليمفاوية** التي تستجيب **بسلسلة من الوسائل الدفاعية التخصصية** (**النوعية**) لمقاومة **الكائن المسبب للمرض** ، وتسمى هذه **الوسائل الدفاعية مجتمعة** بـ (**الإستجابة المناعية**).

** **الإستجابة المناعية** : سلسلة من **الوسائل الدفاعية التخصصية** (**النوعية**) التي تقوم بها **الخلايا الليمفاوية** لمقاومة **الكائن المسبب للمرض**.

(2) **متى يعمل خط الدفاع الثالث ؟!**

- تنشط المناعة المكتسبة (**خط الدفاع الثالث**) في الجسم **إذا ما أخفق خط الدفاع الثاني** في التخلص من الأجسام الغريبة (**الميكروبات**).

(3) **آليات عملها** :

** **تعمل المناعة المكتسبة من خلال آليتين منفصليتين شكلياً لكنهما متداخلتان مع بعضهما البعض ، وهما** :

(أ) **المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة**.
(ب) **المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة**.

(أ) المناعة الخلطية (المناعة بالأجسام المضادة)

** **التعريف** : هى **الإستجابة المناعية** التي تقوم بها **الخلايا الليمفاوية البائية B** ، **للدفاع عن الجسم ضد الأنتيجينات** (أنتيجينات الكائنات الممرضة كالبكتريا والفيروسات **والسموم**) الموجودة في سوائل الجسم مثل بلازما الدم والليمف)، **بواسطة الأجسام المضادة**.

** **آليات عملها** (**خطوات عمل المناعة الخلطية**) :

(1) **ارتباط الخلايا الليمفاوية البائية B بالأنتيجين** :

1. **كل خلية ليمفاوية بائية** تكون **عالية التخصص** ، بمعنى **أنها تستجيب لأنتيجين معين واحد فقط**.

2. لذا فإنه عند **دخول كائن ممرض** حاملاً على سطحه **أنتيجين** (**مستضد**) معين إلى الجسم ، **تتعرف عليه الخلية الليمفاوية البائية B المختصة به** ، ثم **تلتصق** به بواسطة **المستقبلات المناعية** الموجودة على **سطحها**.

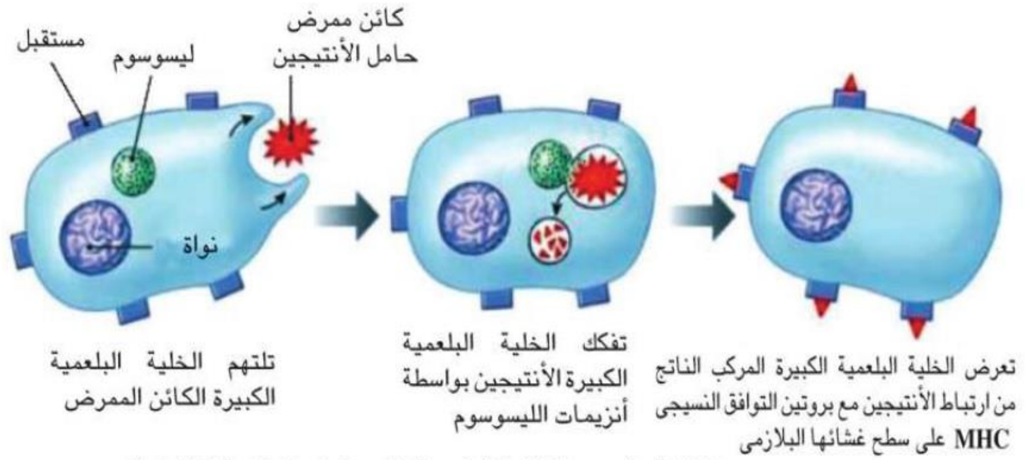
3. **يرتبط الأنتيجين** مع **بروتين** في **الخلايا الليمفاوية البائية B** **يُطلق عليه** (**بروتين التوافق النسيجي** MHC).

(2) دور الخلايا البلعمية الكبيرة :

1. في نفس الوقت تقوم **الخلايا البلعمية الكبيرة** بابتلاع **الأنتيجين** (**أنتيجين آخر لميكروب آخر**) وتفكيكه بواسطة **إنزيمات الليسوسوم** إلى **أجزاء صغيرة**.

2. **ترتبط** هذه الأجزاء داخل **الخلايا البلعمية الكبيرة** بـ " **بروتين** " يُطلق عليه (**بروتين التوافق النسيجي**).

3. ينتقل **المركب الناتج** من **ارتباط الأنتيجين** مع **بروتين التوافق النسيجي** إلى **سطح الغشاء البلازمي للخلايا البلعمية الكبيرة** (**أي يتم عرضه على سطحها الخارجي**).



شكل (١٧) دور الخلايا البلعمية الكبيرة فى المناعة الخلطية

(3) تنشيط الخلايا التائية المساعدة T_H :

1. تتعرف **الخلايا التائية المساعدة T_H** على هذا **الأنتيجين** من خلال **بروتين التوافق النسيجي** الموجود على **سطح الخلية البلعمية**.

2. ترتبط **الخلايا التائية المساعدة T_H** ، عن طريق **مستقبلها CD4** الموجود على **سطحها** ، **بهذا المركب** ، لتتحول إلى **خلايا تائية مساعدة نشطة** (**منشطة**).

3. **عندما يتم تنشيطها** ؛ **تقوم بعد ذلك بإطلاق مواد بروتينية** تُدعى **إنترلوكينات** **تقوم بتنشيط الخلايا البائية B التي تحمل على سطحها الأنتيجينات** المرتبطة **مع بروتين التوافق النسيجي**.

** **ملاحظة** :

- **لا تستطيع الخلايا التائية المساعدة T_H التعرف على الأنتيجين** ، **إلا بعد معالجته بواسطة الخلايا البلعمية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمي** ، **مرتبطاً مع جزيئات بروتين التوافق النسيجي**.

** بروتين التوافق النسيجي (MHC)

- ✓ المكان : يوجد في الخلايا الليمفاوية البائية والخلايا البلعمية الكبيرة.
- ✓ الوظيفة : يرتبط بالأنتيجين الموجود على سطح الميكروب ، فتتعرف من خلاله الخلايا التائية المساعدة T_H على الأنتيجين ، مما يسهل عملية القضاء على الميكروب.

(4) إنتاج الأجسام المضادة :

** تبدأ الخلايا البائية B المنشطة عملها بالإنقسام والتضاعف ، لتتمايز في النهاية إلى نوعين من الخلايا :

1. الخلايا البائية البلازمية (Plasma Cells) :

- ✓ تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التي تدور عبر الأوعية الليمفاوية ومجرى الدم لمحاربة العدوى.

2. خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة (Memory Cells) :

- ✓ تبقى في الدم لمدة طويلة من 20 : 30 سنة ، لتتعرف على نفس الأنتيجين إذا دخل الجسم مرة ثانية.
- ✓ حيث تنقسم وتتمايز إلى خلايا بلازمية تفرز أجسام مضادة له ، وبالتالي تكون الإستجابة سريعة.

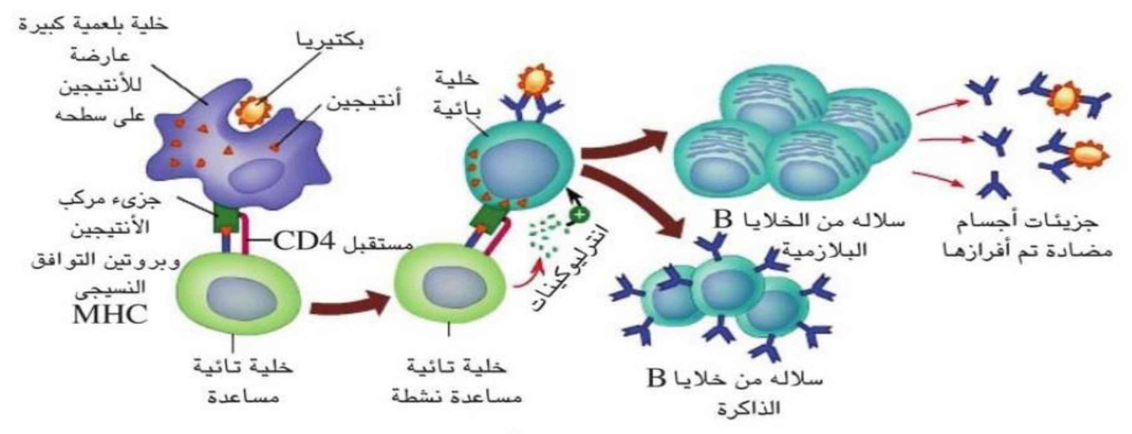
(5) تدمير الكائنات الممرضة (الميكروبات) :

** تصل الأجسام المضادة التي أنتجتها الخلايا البلازمية إلى الدورة الدموية عن طريق الليمف لترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطح الكائنات الممرضة (الميكروبات) ، مما يُثير (يُحفز) الخلايا البلعمية الكبيرة ، فتقوم بإلتهام هذه الأنتيجينات (الميكروبات) من جديد ، وتستمر هذه العملية لعدة أيام أو أسابيع.

** ملاحظة :

- الأجسام المضادة التي تُكونها الخلايا البلازمية تكون غير فعالة في تدمير بعض الخلايا الغريبة (مثل : الخلايا المصابة بالفيروس) :

- ✓ لأن الأجسام المضادة تكون غير قادرة على المرور عبر أغشية هذه الخلايا المصابة بسبب جزيئاتها الكبيرة نسبياً.
- ✓ وبالتالي لا تستطيع الوصول إلى الفيروس الذي يتكاثر داخل الخلية.
- ✓ وفي هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية التائية T (المناعة الخلوية).



شكل (١٨) المناعة الخلطية (بالأجسام المضادة)

(ب) المناعة الخلوية (المناعة بالخلايا الوسيطة)

** **التعريف** : هى **الإستجابة المناعية** التي تقوم بها **الخلايا الليمفاوية التائية T** ، بواسطة **المستقبلات الموجودة على أغشيتها** ، التي **تُكسبها الإستجابة النوعية للأنتيجينات** (**أنتيجينات الكائنات الممرضة التي تعبر أغشية الخلايا ، مثل الفيروسات**).

** **الإستجابة النوعية للأنتيجينات** : **عملية إنتاج كل خلية تائية T أثناء عملية النضج نوعاً من المستقبلات الخاصة بغشائها** (**وبذلك فإن كل نوع من هذه المستقبلات يمكنه الإرتباط بنوع واحد من الأنتيجينات**).

** **آليات عملها** (**خطوات عمل المناعة الخلوية**) :

(1) دور الخلايا البلعمية الكبيرة :

1. **عند دخول الكائن الممرض** (**البكتريا أو الفيروسات**) **إلى الجسم** ، فإن **الخلايا البلعمية الكبيرة** تقوم **بإبتلاعه وتفكيكه** (**تفكيك أنتيجين الكائن الممرض**) **إلى أجزاء صغيرة**.

2. ترتبط هذه **الأجزاء الصغيرة** داخل **الخلايا البلعمية الكبيرة** بـ (**بروتين التوافق النسيجي**).

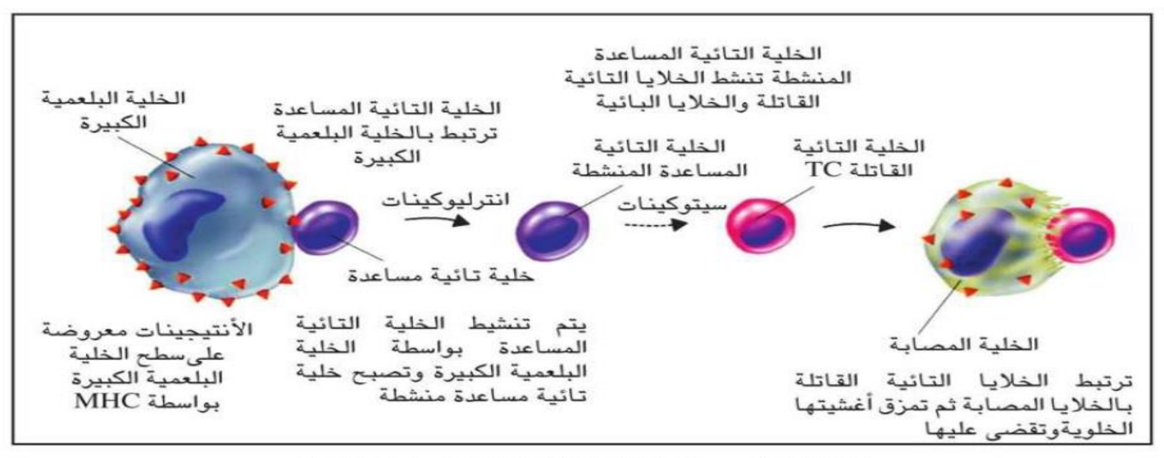
3. ينتقل **المركب الناتج** من **ارتباط الأنتيجين** مع **بروتين التوافق النسيجي** إلى **سطح الغشاء البلازمي للخلايا البلعمية الكبيرة** (**أي يتم عرضه على سطحها الخارجي**).

(2) تنشيط الخلايا التائية المساعدة T_H :

1. **ترتبط الخلايا التائية المساعدة T_H** عن طريق **مستقبلها CD4 الموجود على سطحها** ، **بالمركب الناتج** من **ارتباط الأنتيجين** مع **بروتين التوافق النسيجي** (الموجود على سطح الخلايا البلعمية الكبيرة) ، **لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة مُنشطة**.

2. تقوم الخلايا التائية المساعدة T_H المُنشطة **بإفراز الآتي** :

(ب) عدة أنواع من بروتينات السيتوكينات	(أ) بروتينات الإنترلوكينات
** **تعمل علي** : 1- جذب الخلايا البلعمية الكبيرة إلى مكان الإصابة بأعداد غفيرة. 2- تنشيط كل من الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا البائية B والخلايا التائية السامة (القاتلة) T_C ، وبالتالي تنشيط آليتي المناعة (المناعة الخلوية والمناعة الخلطية). 3- تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية NK لمهاجمة خلايا الجسم غير الطبيعية (الخلايا السرطانية أو الخلايا المصابة بالكائنات الممرضة).	** تقوم بتنشيط (تحفيز) إنقسام الخلايا التائية المساعدة التي ترتبط بها لتكوين سلالة من : 1- الخلايا التائية المساعدة T_H المُنشطة. 2- خلايا T_H ذاكرة تبقي في الدم لمدة طويلة ، لتتعرف على نفس نوع الأنتيجين إذا دخل الجسم مرة ثانية.

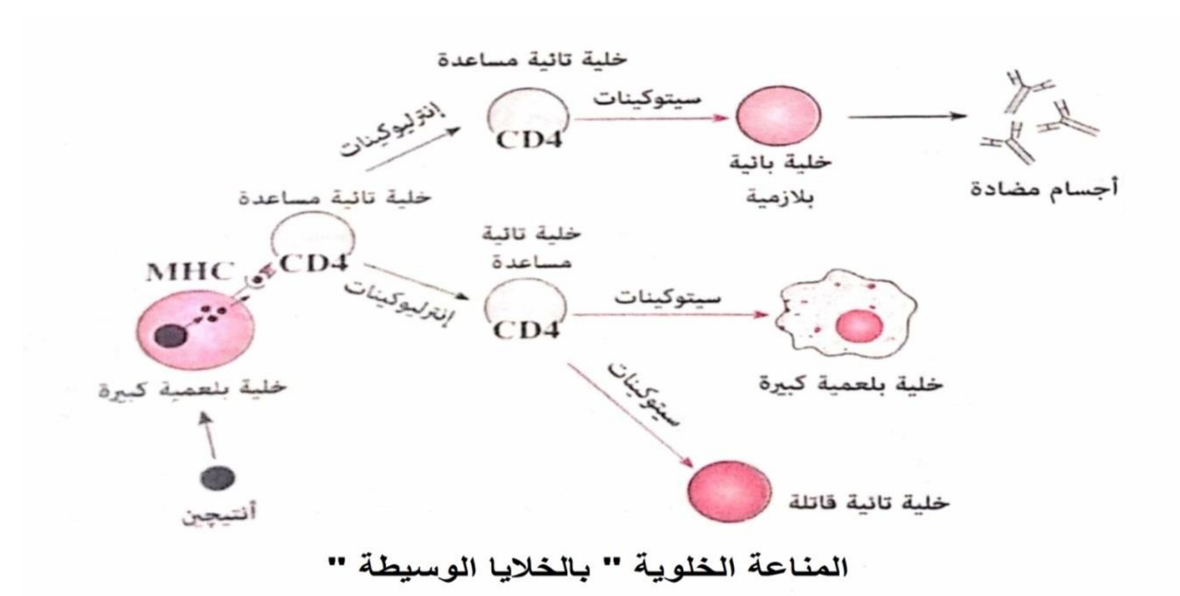


شكل (٢٠) دور الخلايا التائية القاتلة فى المناعة الخلوية

(3) دور الخلايا التائية السامة (القاتلة) T_C :

** (بعد تنشيطها) **تتعرف الخلايا التائية السامة T_C ، بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها ، على الأجسام الغريبة** (كالأنسجة المزروعة في الجسم أو أنتيجينات الميكروبات أو الخلايا السرطانية) ، **وترتبط بها** ، ثم تقضي عليها **عن طريق إفراز** :

2. سموم ليمفاوية	1. بروتين البيرفورين
✓ تُنشط جينات معينة في نواة الخلايا المصابة. ✓ مما يؤدي إلي تفتيت نواة الخلية وموتها.	✓ يلقب بـ (البروتين صانع الثقوب). ✓ يعمل على تثقيب غشاء الجسم الغريب.



المناعة الخلوية " بالخلايا الوسيطة "

** **المستقبل المناعي CD4** :

1. **المكان** : سطح **الخلايا التائية المساعدة T_H**.
2. **الوظيفة** : ترتبط من خلاله **الخلايا التائية المساعدة T_H بالمركب الناتج** من **ارتباط الأنتيجين** مع **بروتين التوافق النسيجي** MHC **لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة مُنشطة**.

** **المستقبل المناعي CD8** :

المكان	الوظيفة
(1) على سطح الخلايا التائية السامة أو القاتلة T_C	**تتعرف من خلاله الخلايا التائية السامة T_C على الأجسام الغريبة (كالأنسجة المزروعة في الجسم أو أنتيجينات الميكروبات أو الخلايا السرطانية) ، وترتبط بها ، ثم تقضى عليها عن طريق إفراز بروتين البيرفورين وسموم ليمفاوية.**
(2) على سطح الخلايا التائية المثبطة أو الكابحة T_S	**ترتبط من خلاله الخلايا التائية المثبطة T_S مع الخلايا البائية البلازمية والخلايا التائية المساعدة T_H والخلايا التائية السامة T_C. وذلك لتحفيزها على إفراز بروتينات الليمفوكينات لتثبيط أو كبح الإستجابة المناعية أو تعطيلها بعد القضاء على الأجسام الغريبة كالميكروبات.**

تثبيط الإستجابة المناعية

**** دور الخلايا التائية المثبطة أو الكابحة T_S**

1. **بعد أن يتم القضاء على الأنتيجينات الغريبة** ، ترتبط **الخلايا التائية المثبطة T_S** ، بواسطة **المستقبل CD8** الموجود على سطحها ، مع **الخلايا البلازمية والخلايا التائية المساعدة والسامة**.

2. **يعمل هذا الإرتباط على** تحفيزها لإفراز **بروتينات الليمفوكينات التي تعمل على تثبيط أو كبح الإستجابة المناعية أو تعطيلها** ، **مما يؤدي إلى** :

- ✓ **توقف الخلايا البائية البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة.**
- ✓ **موت الكثير من الخلايا التائية المساعدة T_H والسامة T_C المنشطة.**

**** ملاحظة** :

- **بعض هذه الخلايا الليمفاوية** يُختزن في **الأعضاء الليمفاوية (بعد تثبيط الإستجابة المناعية)** ، **حتى** تبقى هناك مهيأة لمكافحة أي عدوى مماثلة عند الحاجة.

س : **اذكر الأهمية البيولوجية لكل من**

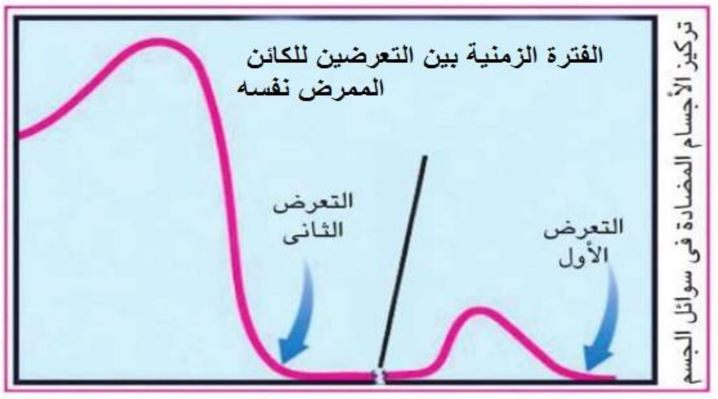
1. **بروتين البيرفورين** (البروتين صانع الثقوب). 3. **الليمفوكينات**.
2. **السموم الليمفاوية**. 4. **الليسوسوم في الخلايا البلعمية**.

س : **قارن بين**

1. **المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة في الإنسان ، من حيث** (التعريف – الأسماء الآخرى – تكوين خلايا الذاكرة – آليات عملها) **؟!**
2. **بروتينات السيتوكينات وبروتينات الليمفوكينات ، من حيث** (الخلايا المفرزة – الوظيفة) **؟!**
3. **التخلص من السموم في النبات والإنسان ؟!**
4. **الأنتيجينات والمستقبلات المناعية ، من حيث** (أماكن التواجد – الوظيفة) **؟!**
5. **المناعة الخلطية (المناعة بالأجسام المضادة) والمناعة الخلوية (المناعة بالخلايا الوسيط) ، من حيث أوجه التشابه & أوجه الإختلاف** (الوصف – الخلايا التي تشترك في القيام بها – أنواع المواد الكيميائية المتكونة – كيفية القضاء على الكائن الممرض) **؟!**

مراحل المناعة المكتسبة

** **عندما يُصاب فرد بمرض معين** مثل **الحصبة** ، فإنه لا يُصاب به **مرة ثانية** طوال حياته ، **هل تعرف لماذا ؟!** لأنه اكتسب مناعة لهذا المرض.



شكل (٢١) الاستجابة المناعية الأولية والثانوية

** مراحل المناعة المكتسبة :

	(1) الإستجابة المناعية الأولية (المناعة الأولية)	(2) الإستجابة المناعية الثانوية (المناعة الثانوية)
التعريف	استجابة الجهاز المناعي لكائن ممرض جديد.	استجابة الجهاز المناعي لنفس الكائن الممرض الذي سبق الإصابة به.
الخلايا المسئولة عن الإستجابة	الخلايا الليمفاوية البائية والتائية هى المسئولة عن الإستجابة المناعية الأولية (حيث تستجيب لأنتيجينات الكائن الممرض وتهاجمها حتى تقضي عليها).	خلايا الذاكرة هى المسئولة عن الإستجابة المناعية الثانوية (لأنها تختزن معلومات عن الأنتيجينات التي حاربها الجهاز المناعي في الماضي).
سرعة الإستجابة	استجابة بطيئة لأنها تستغرق وقتاً ما بين (5 : 10 أيام) للوصول إلى أقصى إنتاجية من الخلايا الليمفاوية البائية والتائية ، والتي تكون في حاجة إلى وقت كي تتضاعف.	استجابة سريعة جدا لأنه غالباً ما يتم تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض.
ظهور أعراض المرض	يصاحبها ظهور أعراض المرض (لأن العدوى تصبح واسعة الإنتشار في الجسم).	لا يصاحبها ظهور أعراض المرض (لأنه يتم تدمير الكائن الممرض بسرعة).
خلايا الذاكرة	تتكون خلالها خلايا الذاكرة (البائية والتائية) ، وتبقى كامنة في الدم.	تنشط خلالها خلايا الذاكرة التي سبق تكوينها في الإستجابة المناعية الأولية.

خلايا الذاكرة

(1) **التعريف** : **نوع من الخلايا تختزن معلومات عن الأنتيجينات** التي حاربها الجهاز المناعي في الماضي.

(2) **الأنواع** (**يحتوي جسم الإنسان على نوعين من خلايا الذاكرة**) :

1. **خلايا الذاكرة البائية**.
2. **خلايا الذاكرة التائية**.

(3) **الوظيفة** (**الأهمية البيولوجية**) :

- ✓ **مسئولة عن الإستجابة المناعية الثانوية**.
- ✓ **تبقى في الدم فترة طويلة قد تصل إلى 30 عام** (**لتتعرف على نفس الميكروب - الأنتيجين - إذا دخل الجسم مرة ثانية**).
- ✓ **في حالة وجود الميكروب (الأنتيجين)** ، **تنقسم وتتضاعف لتتمايز** (**على حسب قوة الميكروب**) **إما إلى** :

1. **خلايا بائية بلازمية** تقوم **بإنتاج أجسام مضادة** لتدمير الميكروبات. (**أو**)
2. **خلايا تائية مساعدة نشطة** تقوم **بالإستجابة المناعية السريعة** ضد **الميكروبات** عن طريق **المناعة المكتسبة** (**الخلوية**).

(4) **الخصائص** (**آلية عملها**) :

1. **تتكون خلايا الذاكرة أثناء الإستجابة المناعية الأولية**.

2. **تعيش خلايا الذاكرة عشرات السنين أو قد يمتد بها الأجل طول العمر** (**بينما لا تعيش الخلايا البائية أو التائية إلا أياماً معدودة**).

3. **أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض** ، **تستجيب خلايا الذاكرة للكائن الممرض فور دخوله إلى الجسم** ، فتبدأ في **الإنقسام** سريعاً ، **وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والعديد من الخلايا التائية النشطة** خلال وقت قصير.

(5) **مثال** : لا يصاب الإنسان **بالحصبة** إلا **مرة واحدة في حياته** (**لأنه اكتسب مناعة ضد الإصابة بهذا المرض**).